

PAT-NO: JP406236807A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06236807 A
TITLE: RESIN-BONDED MAGNET AND ITS MANUFACTURE
PUBN-DATE: August 23, 1994

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SAKATA, MASAOKI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SEIKO EPSON CORP N/A

APPL-NO: JP05267483

APPL-DATE: October 26, 1993

INT-CL (IPC): H01F001/08, C22C001/04 , H01F001/053 , H01F041/02 ,
H01F007/02

US-CL-CURRENT: 252/62.54, 264/176.1

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a resin-bonded magnet wherein its magnetic characteristic and its dimensional accuracy are good and its shape is thin-arc-shaped and thin-cylinder-shaped and to provide a means for manufacturing it.

CONSTITUTION: In an arc-shaped resin-bonded magnet, its outside radius is at 1.5mm or larger and 50mm or smaller and its thickness is at 0.1mm or larger and less than 1.0mm. In a cylinder-shaped resin-bonded magnet, its outside diameter is at 3mm or larger and 100mm or smaller and its thickness is at 0.1mm or larger and less than 1.0mm. A magnet composition is passed inside a metal mold 105 while it is being cooled and solidified to a temperature at the melting point of lower of the magnet composition, and it is

extrusion-molded.

Thereby, a magnet whose dimensional accuracy and magnetic characteristic are high can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO&Japio

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-236807

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/08	A			
C 2 2 C 1/04	G			
H 0 1 F 1/053				
41/02	G	8019-5E		

H 0 1 F 1/04

H

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-267483
(22)出願日 平成5年(1993)10月26日
(31)優先権主張番号 特願平4-291623
(32)優先日 平4(1992)10月29日
(33)優先権主張国 日本(J P)

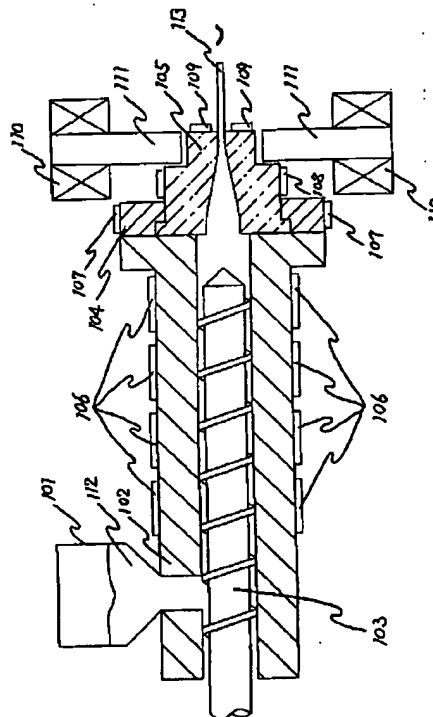
(71)出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(72)発明者 坂田 正昭
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 樹脂結合型磁石及びその製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 磁気特性、寸法精度が良好な薄肉円弧形状および薄肉円筒形状の脂結合型磁石およびそれを製造する手段を提供する。

【構成】 外半径が1.5mm以上50mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円弧形状樹脂結合型磁石。外径が3mm以上100mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円筒形状樹脂結合型磁石。磁石組成物を、金型105中を磁石組成物の融点以下の温度に冷却固化しながら通過させ、押出成形することにより高い寸法精度、磁気特性を有する磁石を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 組成が磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなり、外半径が1.5mm以上50mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円弧形状磁石で、該磁石の長さをL(mm)、圧壊荷重をP(N)としたとき下記の式にて定める圧壊強さKが2N/mm以上であることを特徴とする樹脂結合型磁石。

$$K = P/L$$

【請求項2】 組成が磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなり、外径がφ2mm以上φ100mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円筒形状磁石で、該磁石の長さをL(mm)、圧壊荷重をP(N)としたとき下記の式にて定める圧壊強さKが1N/mm以上であることを特徴とする樹脂結合型磁石。

$$K = P/L$$

【請求項3】 磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなる磁石組成物を、該磁石組成物の融点以下の温度に金型中にて冷却固化しながら押出成形することを特徴とする請求項1及び2記載の樹脂結合型磁石の製造方法。

【請求項4】 前記磁性粉末が、希土類元素（ただしイットリウム（Y）を含む）とコバルトを主体とする遷移金属からなる希土類磁性粉末、希土類元素と鉄を主体とする遷移金属およびほう素からなる希土類磁性粉末あるいは希土類元素と鉄を主体とする遷移金属および窒素からなる希土類磁性粉末であることを特徴とする請求項1及び2記載の樹脂結合型磁石。

【請求項5】 前記磁性粉末が、希土類元素（ただしイットリウム（Y）を含む）とコバルトを主体とする遷移金属からなる希土類磁性粉末、希土類元素と鉄を主体とする遷移金属およびほう素からなる希土類磁性粉末あるいは希土類元素と鉄を主体とする遷移金属および窒素からなる希土類磁性粉末であることを特徴とする請求項3記載の樹脂結合型磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子機器などに使用される小型モーターやアクチュエータに利用される樹脂結合型磁石及び該樹脂結合型磁石の押出成形を用いた製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来小型DCモーター等に用いられている円弧状磁石としては、焼結フェライト磁石、樹脂結合型フェライト磁石が主に使用されており、また、円筒状磁石としては、焼結フェライト磁石、樹脂結合型フェライト磁石の他に焼結希土類磁石、樹脂結合型希土類磁石も使用されていた。これら磁石の成形で、焼結法は、例えば特公昭51-38917号公報に開示されているよ

うに磁性粉末のみを金型中に充填し成形した後該磁性粉末を焼結するかあるいは、特開昭56-125814号公報あるいは特開昭63-209108号公報等に開示されているように磁性粉末とバインダーからなる混合物を成形後、この成形体を焼結する方法である。樹脂結合型磁石の成形には、射出成形法、圧縮成形法、押出成形法が主に用いられていた。射出成形法は、例えば特公昭55-33173号公報あるいは特公昭58-53491号公報等に開示されているように磁性粉末と熱可塑性樹脂からなる磁石原料を十分な流動性が得られる温度まで加熱した状態で金型中に充填し、所定の形状に成形するものである。また、圧縮成形法は、特公昭50-18559号公報あるいは特開平1-310522号公報等に開示されているように磁性粉末と熱硬化性樹脂からなる磁石原料をプレスで金型中に充填し圧縮して成形する方法である。また、押出成形法は、特開昭61-121307号公報あるいは特開昭62-208612号公報等に開示されているように磁性粉末と熱可塑性樹脂からなる磁石原料を十分な流動性が得られる温度まで加熱した状態で金型を通過させ、その後冷却して所定の形状に成形するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の従来技術では、以下のような課題を有している。

【0004】近年、OA機器、カメラ、家電製品等の小型化はますます進んでおり、これら機器に使用されるモーターも小型化が進んでいる。これに伴いモーターに使用される小型の磁石の需要も増えている。従来の磁石が有する課題として、円弧形状磁石については、

(1) 一般に円弧形状磁石は、電機子（ローター）の外側に界磁用として設置し、巻線を施した内側の電機子を回転させるという方法で使用される。従来の円弧形状磁石は、磁石肉厚が1.0mm以上のもののみで、肉厚1.0mm未満の薄肉の磁石がなかった。そのため、モーターを小型化する場合、電機子の大きさが小さくなるため、モーター特性（トルク等）を維持してモーターを小型化することが難しい、コイル線の巻線が難しく断線し易いという課題があった。

【0005】(2) 従来の磁石は磁気特性が低いフェライト磁石が主であり、小型モーター用に磁石を小型化して体積を小さくすると必要な磁界強度を得ることが困難になり、モーター特性が低下してしまうという課題もあった。

【0006】(3) 従来の円弧形状磁石の製造方法についても、次のような課題を有している。

【0007】①焼結法で製造した磁石は靱性が低く、割れ、欠けが生じ易い。そのため、磁石肉厚1.0mm未満の磁石では、モーターに組み込む際に割れが生じてしまいモーターに使用することは困難である。

【0008】②射出成形法ではキャビティーへの磁石原

料の充填が必要であるが、磁性粉末を多量に含んだ磁石原料を充填させるためには、キャビティの厚みが1.0mm以上必要である。従って磁石肉厚が1.0mm未満の磁石は成形ができない。

【0009】③圧縮成形法においても、原料粉末を均一に型内に充填するためには型のギャップが1.0mm以上あることが望ましい。成形パンチの強度面では、円弧形状のパンチは座屈変形を起こし易いことから、肉厚が1.0mm未満の場合パンチの破壊が起こり磁石の成形は不可能である。従って、圧縮成形法を用いても肉厚

1.0mm未満の磁石の成形はできない。

【0010】④押出成形法においても、従来の方法では金型から押し出されたところで冷却するため肉厚1.0mm未満の磁石では変形が起こり易く、要求される寸法精度を満たす磁石を得ることは困難である。

【0011】⑤肉厚1.0mm未満の磁石を得る方法として、上記射出成形、圧縮成形あるいは押出成形した磁石を切削加工によって肉厚1.0mm未満に加工するという方法も考えられる。しかしながらこれら磁石は、切削加工によって微細な傷が入ること、磁石内部に密度ばらつきがあり切削加工により低密度な部分が表面に現れることにより機械的強度が弱くなる。そのため、モーターに組み込む際に割れが生じてしまいモーターに使用することは困難である。

【0012】また、円筒形状磁石については、

(1) 円筒形状磁石は、円弧形状磁石と同様に電機子(ローター)の外側に界磁用として設置し、巻線を施した内側の電機子を回転させるという方法で使用される場合と、円筒状のヨークに接着しローターとして使用される場合がある。従来の円筒形状磁石も、磁石肉厚が1.0mm以上のものが多く、そのため、モーターを小型化する際、外側の界磁用として使用する場合、電機子の大きさが小さくなるためモーター特性(トルク等)を維持してモーターを小型化することが難しい、コイル線の巻線が難しく断線し易いという課題があった。また、ローターとして使用する場合もローター外径が大きくなるため小型化することが難しいという課題があった。

【0013】(2) 磁石肉厚が0.1mm未満のものである、下記に示す理由で磁気特性が低いため、小型モーター用に磁石を小型化して体積を小さくすると必要な磁界強度を得ることが困難になり、モーター特性が低下してしまうという課題があった。

【0014】(3) 従来の円筒形状磁石の製造方法についても、円弧形状磁石の製造と同様に以下のような課題を有している。

【0015】①焼結法で製造した磁石は靱性が低く、割れ、欠けが生じ易い。そのため、円筒形状で肉厚1.0mm未満の磁石を得ることは困難である。

【0016】②射出成形法でも円弧形状磁石の場合と同様に、磁性粉末を多量に含んだ磁石原料を充填させるた

めにキャビティの厚みが1.0mm以上必要であり、従って磁石肉厚が1.0mm未満の磁石は成形ができない。

【0017】③圧縮成形法においては、原料粉末を均一に型内に充填するためには型のギャップが1.0mm以上あることが望ましい。成形パンチの機械的強度面でも肉厚が1.0mm未満の場合、強度不足からパンチの破壊が起こり易く磁石の成形は困難である。従って、圧縮成形法を用いても肉厚1.0mm未満の磁石の成形は難しい。無理に肉厚1.0mm未満の磁石を成形する場合は、加圧力が高くできないため、成形品中の空孔が多くなり密度が低くなって磁気特性、機械的強度共に低下してしまう。

【0018】④円筒形状磁石でも従来の押出成形法では、金型から押し出されたところで冷却するため肉厚1.0mm未満の磁石では変形が起こり易く、要求される寸法精度を満たす磁石を得ることは困難である。

【0019】⑤肉厚1.0mm未満の磁石を得る方法として、射出成形、圧縮成形あるいは押出成形した磁石を切削加工によって肉厚1.0mm未満に加工するという方法も考えられる。しかしながら、円弧形状磁石の場合と同様に機械的強度が弱くなるため、モーターに組み込む際に割れが生じてしまいモーターに使用することは困難である。

【0020】そこで本発明は上記のような課題を解決するもので、第1の目的は機械的強度に優れた肉厚0.1mm以上1.0mm未満の薄肉の樹脂結合型円弧形状磁石及び樹脂結合型円筒形状磁石を提供することにある。第2の目的は磁石組成物の融点以下の温度に金型中にて冷却固化しながら押出成形することにより前記した磁石の有効な製造方法を提供することにある。第3の目的は、磁性粉末に希土類磁性粉末を用いることにより磁気特性、機械的強度共に優れた肉厚0.1mm以上1.0mm未満の薄肉の樹脂結合型円弧形状磁石、樹脂結合型円筒形状磁石を提供すること及び、それら磁石の有効な製造方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の樹脂結合型磁石は、組成が磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなり、外半径が1.5mm以上50mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円弧形状磁石で、該磁石の長さをL(mm)、圧壊荷重をP(N)としたとき下記の式にて定める圧壊強さKが2N/mm以上であることを特徴とする。

【0022】 $K = P/L$

また、組成が磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなり、外径がφ2mm以上φ100mm以下、肉厚が0.1mm以上1.0mm未満の円筒形状磁石で、該磁石の長さをL

(mm)、圧壊荷重をP(N)としたとき下記の式にて定める圧壊強さKが1N/mm以上であることを特徴とする。

$$【0023】K = P/L$$

また、本発明の樹脂結合型磁石の製造方法は、磁性粉末および熱可塑性樹脂、または、磁性粉末、熱可塑性樹脂および添加剤からなる磁石組成物を、該磁石組成物の融点以下の温度に金型中にて冷却固化しながら押出成形することを特徴とする。

【0024】また、前記磁性粉末が、希土類元素（た
10 シットリウム(Y)を含む)とコバルトを主体とする遷移金属からなる希土類磁性粉末、希土類元素と鉄を主体とする遷移金属およびほう素からなる希土類磁性粉末あるいは希土類元素と鉄を主体とする遷移金属および窒素からなる希土類磁性粉末であることを特徴とする。

【0025】

【作用】本発明の薄肉円弧形状及び円筒形状の樹脂結合型磁石を用いることにより、小型で高特性なモーターや
20 アクチュエーターを作製することが可能となる。また、本発明の製造方法を用いることにより、該薄肉円弧形状、円筒形状の樹脂結合型磁石を製造することが可能である。

【0026】本発明において、円弧形状磁石の外半径を1.5mm以上50mm以下としたのは、外半径が50mmよりも大きい場合、成形体が大径、薄肉のため変形し易く、一般に要求される寸法精度（外径寸法公差で±0.05mm以内）を満足する磁石を製造することが困難なためである。また、外半径1.5mm未満の場合、
30 金型加工が難しく寸法精度の高い金型を作製することが困難で、そのため成形された磁石の寸法精度が低くなってしまうためである。また、円筒形状磁石の外径をφ2mm以上φ100mm以下としたのは、外径が100mmよりも大きい場合、成形体が大径、薄肉のため変形し易く、一般に要求される寸法精度（外径寸法公差で±0.05mm以内）を満足する磁石を製造することが困難になるためである。また、外径がφ2mm未満の場合、金型そのものの作製が困難で磁石成形ができないためである。

【0027】本発明において、磁石肉厚を0.1mm以上1.0mm未満としたのは、肉厚0.1mm未満の薄肉にすると、磁性粉末を高体積率含んだ磁石であるため
40 十分な機械的強度が得られず、組み込み時に割れる等の問題が発生し実用が困難になるためである。また、肉厚1.0mm以上になると、例えばモーターの電機子の小型化ができないといった問題があり、もはや薄肉磁石としての効果が小さくなるためである。

【0028】本発明において、機械的強度は円弧形状磁石、円筒形状磁石共に、

$$K = P/L$$

なる式で示される値を用いた。円弧形状磁石、円筒形状

磁石の機械的強度は公的規格では定められていないため、単位長さ当たりの圧壊荷重の値を圧壊強さとして用いた。実用上は本値を用いて十分評価できる。本発明において、円弧形状磁石の圧壊強さを2N/mm以上、円筒形状磁石の圧壊強さを1N/mm以上としたのは、この値未満の機械的強度では、通常の取扱い時あるいはモーターへの組み込み時に磁石が破損し易く、また、モーター完成体としたとき、落下試験等の衝撃試験において磁石の破損によるモーターの動作不良を起し易いためである。

【0029】本発明の樹脂結合型磁石の製造方法は、流動状態の磁石原料をスクリーまたはプランジャーを使って金型中に送り込み、注入された磁石組成物を金型中を冷却しながら通過させ金型外に押し出し成形する。その際、金型中にて前記磁石組成物の融点以下の温度に冷却固化しながら押出成形することにより、円弧形状、円筒形状共に密度が均一で高い寸法精度を有する磁石を成形することができる。ここで温度を磁石組成物の融点以下としたのは、温度が融点より高いと、成形体がまだ軟らかい状態で金型から押し出され型外で容易に変形してしまい、寸法精度が低下してしまうからである。また、異方性を有する磁性粉末を用いる場合、成形時金型内に磁場を印加し磁石組成物中の磁性粉末を配向させ異方性磁石を製造することもできる。この場合も、金型中にて前記磁石組成物の融点以下の温度に冷却固化しながら押出成形することにより、磁気特性の高い磁石を成形することができる。ここでも温度を磁石組成物の融点以下としたのは、温度が融点より高いと、成形体がまだ軟らかい状態で金型から押し出され、型外で磁性粉末の配向が乱れ磁気特性が低下してしまうためである。

【0030】本発明に使用する磁性粉末としてはフェライト粉末や希土類磁性粉末などがあるが、磁気特性の高い希土類磁性粉末が望ましい。

【0031】本発明に利用できる樹脂は、熱可塑性樹脂で例えばポリアミド、ポリフェニレンサルファイド(PPS)等のプラスチック、塩素化ポリエチレンなどのエラストマー、合成ゴムなどがある。添加剤としては、金属石けん(ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸カルシウムなど)、ワックス等の滑剤や酸化防止剤などを用いることができる。

【0032】

【実施例】以下、本発明について実施例に基づき詳細に説明する。

【0033】図1は本発明の円弧形状の樹脂結合型磁石の1実施例を示している。図1でRが外半径、Tが肉厚、Lが長さである。また、図2は本発明の円筒形状の樹脂結合型磁石の1実施例を示している。図2でDが外径、Tが肉厚、Lが長さである。

【0034】図3は本発明の樹脂結合型磁石の製造工程の1実施例を示している。磁性粉末と樹脂と必要ならば

添加剤を所望の混合比に秤量、混合した後に、2軸押出機等の混練機で樹脂が溶融する温度以上に加熱して混練し、コンパウンドを作製する。このコンパウンドを成形機に投入し易い大きさに粉砕し押出成形機に投入する。投入した磁石組成物を押出成形機のシリンダー内で再び加熱し、流動状態としてスクリーまたはプランジャーにて押出機に接続された金型中に送り込む。等方性磁石を成形する場合は、磁場を印加せずに磁石組成物を冷却固化しながら金型から押し出す。異方性磁石を成形する場合は、金型内に注入された磁石組成物を、磁場を印加した金型中を通過させることで、原料中の磁性粉末の磁化容易軸を磁場方向に配向して成形し、冷却固化し、磁石成形体として金型から押し出す。押し出された磁石成形体を引き取り、適当な長さに切断する。このようにして樹脂結合型磁石を製造する。

【0035】上記の製造工程のうち押出成形工程の1実施例について、図4に基づいて説明する。図4は円弧形状磁石の製造装置の1実施例を示している。押出成形機は、材料投入部であるホッパー101、シリンダ102、スクリー103、シリンダ部に金型を取り付けるためのアダプタープレート104、金型105およびスクリー駆動用モータ（図には記入していない）から成っている。金型内に磁場を印加する場合は、電磁コイル110、ボールピース111を金型を挟むように外側に配置した構成とする。この押出成形機に粉砕した原料コンパウンド112を投入する。この原料コンパウンドをシリンダ102内にてヒーター106により加熱し、流動状態として金型105内を通過させる。この際、金型温度をヒーター108、冷却板109により調節し、磁石成形体を金型から冷却固化しながら押し出す。冷却板109は空気あるいは冷却水といった冷媒によって冷却する。あるいは冷却を冷却板によらず、直接成形体に空気あるいは冷却水を吹き付けて行っても良い。

【0036】円筒形状磁石を製造する場合は、図5に示すように金型を円筒形状磁石成形用のものに変更することにより製造可能である。製造方法は上記円弧形状磁石の製造方法と同様であり、金型温度をヒーター208、冷却板209により調節し、磁石成形体を金型205から冷却固化しながら押し出す。

【0037】以下、さらに詳細な実施例を示す。

【0038】（実施例1）組成が $\text{Sm}(\text{Co}_{0.672}\text{Cu}_{0.08}\text{Fe}_{0.22}\text{Zr}_{0.028})_{8.35}$ となるように原料を溶解、鑄造後、できたインゴットを熱処理して磁氣的に硬

化させ、その後該インゴットを粉砕して平均粒径が $15\mu\text{m}$ の磁性粉末を得た。この粉末を粉末Aとする。また、他の種類の粉末として、 $\text{Nd}_{14}(\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05})_{80.5}\text{B}_{5.5}$ の組成となるように原料を溶解、鑄造し、得られたインゴットから急冷薄帯製造装置を用い、アルゴンガス雰囲気中で急冷薄帯を作製した。この急冷薄帯を粉砕し、平均粒径 $20\mu\text{m}$ の磁石粉末を得た。この粉末を粉末Bとする。また、他の種類の粉末として、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ の組成となるように原料を溶解、鑄造し、得られたインゴットを粗粉砕した。この粉末を窒素中にて 460°C で窒化処理を行い、その後さらに粉砕して平均粒径 $20\mu\text{m}$ の磁石粉末を得た。この粉末を粉末Cとする。

【0039】粉末AとPPSの粉末およびステアリン酸亜鉛粉末を、それぞれの比率が90重量%、9.9重量%および0.1重量%となるように混合した。また、粉末Bとナイロン12粉末およびステアリン酸亜鉛粉末、ヒドラジン系酸化防止剤をそれぞれの比率が95重量%、4.9重量%、0.05重量%、0.05重量%となるように混合した。また、粉末Cとポリプロピレンの粉末およびステアリン酸カルシウム粉末を、それぞれの比率が92重量%、7.9重量%および0.1重量%となるように混合した。これらの混合物を2軸押出混練機にて、PPSを使用したものは 340°C 、ナイロン12、ポリプロピレンを使用したものは 260°C で混練した。この混練物を外径が $1\sim 10\text{mm}$ の粒となるように粉砕して原料コンパウンドとした。粉末Aを使用したものをコンパウンド1、粉末Bを使用したものをコンパウンド2、粉末Cを使用したものをコンパウンド3とする。それぞれのコンパウンドの融点は、コンパウンド1が 290°C 、コンパウンド2が 175°C 、コンパウンド3が 165°C であった。このコンパウンドを用い、図4に示した押出成形機および金型を使用して外半径 4.5mm 、肉厚 0.5mm の円弧状磁石および外半径 25mm 、肉厚 0.9mm の円弧状磁石を成形した。コンパウンド1および3の成形時には、金型中に 15kOe の磁場を印加し異方性磁石を成形した。コンパウンド2の成形では磁場を印加せず等方性磁石を成形した。この際、金型出口にて成形品の温度を測定し、成形品温度と成形品の磁気特性、寸法精度（外半径ばらつき）との関係を調べた。測定結果を表1に示す。

【0040】

【表1】

No.	磁石形状	コンパウンド	温度(℃)	(BH) _{max} (MGOe)	寸法ばらつき(mm)
実施例1	R4.5	1	280	7.1	±0.03
“ 2	“	“	290	7.0	±0.04
比較例1	“	“	300	4.5	±0.20
実施例3	“	2	170	8.2	±0.03
“ 4	“	“	175	8.2	±0.03
比較例2	“	“	180	8.0	±0.15
実施例5	R25	“	170	8.2	±0.03
“ 6	“	“	175	8.0	±0.04
比較例3	“	“	180	7.9	±0.20
実施例7	“	3	162	9.2	±0.04
“ 8	“	“	165	9.0	±0.04
比較例4	“	“	170	6.0	±0.20

* 1 磁石形状 : R4.5→外半径4.5mm、肉厚0.5mm

R25 →外半径25mm、肉厚0.9mm

* 2 温度は金型出口の成形品温度を示す。

* 3 寸法ばらつきは外半径の寸法ばらつきを示す。

【0041】一般的に円弧形状の樹脂結合型磁石に要求される寸法精度は、例えば外半径公差では±0.05mm以下である。表1から明らかなように、磁石組成物の融点以下の温度に冷却固化して成形品を押出成形することにより、良好な寸法精度を有する薄肉円弧形状磁石を製造することが可能である。また、この方法を用いることにより良好な磁気特性を有する薄肉円弧形状磁石を製造することも可能である。

【0042】(実施例2) 実施例1と同じコンパウンド*

* 1、2、3を使用し同じ成形方法にて寸法を変えた円弧形状磁石を作製し、寸法精度(外半径ばらつき)と機械的強度(圧壊強さ)を測定した。圧壊強さは、長さ10mmに切断した円弧形状磁石を図6に示すように置き上方より圧壊荷重P(N)を加え、磁石が破壊したときの荷重を磁石長さで除した値を用いた。結果を表2に示す。

【0043】

【表2】

No.	磁石形状(mm)		コンパウンド	寸法ばらつき(mm)	圧壊強さ(N/mm)
	外半径	肉厚			
実施例9	R1.5	0.1	1	±0.04	2.0
// 10	//	0.5	//	±0.04	3.0
// 11	R5.5	0.1	2	±0.03	4.0
// 12	//	0.9	//	±0.03	9.0
// 13	R25	0.1	//	±0.04	4.5
// 14	//	0.9	//	±0.03	12.5
// 15	R50	0.1	3	±0.05	4.0
// 16	//	0.9	//	±0.04	10.5
比較例5	R1.0	0.1	1	±0.15	2.0
// 6	R5.5	0.05	2	±0.05	1.0
// 7	R25	0.05	//	±0.05	1.0
// 8	R55	0.9	3	±0.20	10.0

* 1 寸法ばらつきは外半径の寸法ばらつきを示す。

【0044】表2から明らかなように、外半径が1.5mm未満あるいは50mmより大きくなると良好な寸法精度が得られない。また、肉厚が0.1mm未満であると圧壊強さが急激に低下してしまい実用に不適である。外半径1.5mm以上50mm以下、肉厚0.1mm以上では、良好な寸法精度、機械的強度を有している。

(実施例3) 実施例2においてコンパウンド2を使用し*

*て作製した円弧形状磁石を用い、機械的強度(圧壊強さ)とモーター組み込み時の不良率について調査した。不良率はモーター300台組み込み時の不良の発生率を示している。結果を表3に示す。

【0045】

【表3】

No.	磁石形状(mm)		コンパウンド	圧壊強さ(N/mm)	モーター不良率(%)
	外半径	肉厚			
実施例17	R5.5	0.1	2	4.0	0
// 18	//	0.9	//	9.0	0
// 19	R25	0.1	//	4.5	0.3
// 20	//	0.9	//	12.5	0
比較例9	R5.5	0.05	//	1.0	10
// 10	R25	0.05	//	1.0	14

【0046】表3から明らかなように、圧壊強さ2N/mm未満であると急激にモーター組み込み時の不良率が増加してしまう。これは、機械的強度が小さいため取扱い時の磁石の破損が増大したことが原因である。圧壊強さが2N/mm以上であれば不良率は小さく実用上問題がない。

【0047】(実施例4) 実施例2と同様に実施例1と同じコンパウンド1、2、3を使用し同じ成形方法にて、内半径4.6mmで肉厚を変えた円弧形状磁石を作※50

※製した。これを外径φ12mmのDCモーターのケースに装着し、磁束量を測定した。測定は、電機子にコイル線を10回巻回したものに発生する起電力から磁束量を測定する方法で行った。磁石肉厚と磁束量の関係の測定結果を図7に示す。比較例として、肉厚1.1mmの焼結フェライト磁石の結果も合わせて示した。

【0048】モーター特性(トルク値)は発生する磁束量に比例することが知られている。図7から明らかなように、肉厚0.1mm以上の円弧形状磁石を用いること

* 3 kOeの放射状の磁場を印加し異方性磁石を成形した。コンパウンド2の成形では磁場を印加せず等方性磁石を成形した。この際、金型出口にて成形品の温度を測定し、成形品温度と成形品の磁気特性、寸法精度（外径ばらつき）との関係を調べた。測定結果を表4に示す。

【0050】
【表4】

No.	磁石 形状	コンバ ウンド	温度 (°C)	(BH) _{max} (MGoe)	寸法ばらつき (mm)
実施例21	φ5	1	280	6.7	±0.03
“ 22	“	“	290	8.7	±0.03
比較例11	“	“	300	4.0	±0.18
実施例23	“	2	170	8.2	±0.02
“ 24	“	“	175	8.1	±0.03
比較例12	“	“	180	8.0	±0.10
実施例25	φ50	“	170	8.1	±0.03
“ 26	“	“	175	8.0	±0.04
比較例13	“	“	180	7.8	±0.15
実施例27	“	3	162	8.8	±0.04
“ 28	“	“	165	8.7	±0.05
比較例14	“	“	170	5.5	±0.20
実施例29	φ100	1	280	7.0	±0.03
“ 30	“	“	290	7.0	±0.04
比較例15	“	“	300	4.8	±0.20
実施例31	“	3	162	9.0	±0.04
“ 32	“	“	165	8.9	±0.05
比較例16	“	“	170	6.0	±0.25

* 1 磁石形状 : $\phi 5 \rightarrow$ 外径5.0mm、肉厚0.1mm
 $\phi 50 \rightarrow$ 外径50mm、肉厚0.5mm
 $\phi 100 \rightarrow$ 外径100mm、肉厚0.9mm

* 2 温度は金型出口の成形品温度を示す。
* 3 寸法ばらつきは外径の寸法ばらつきを示す。

【0051】一般に円筒形状の樹脂結合型磁石に要求される寸法精度は、例えば外径公差で $\pm 0.05\text{mm}$ 以下である。表4から明らかなように、磁石組成物の融点以下の温度に冷却固化して成形品を押出成形することにより、良好な寸法精度を有する薄肉円筒形状磁石を製造することが可能である。また、この方法を用いることにより良好な磁気特性を有する薄肉円筒形状磁石を製造する※50

※ことも可能である。

【0052】（実施例6）実施例4と同じコンパウンド1、2、3を使用し同じ成形方法にて寸法を変えた円筒形状磁石を作製し、寸法精度（外径ばらつき）と機械的強度（圧壊強さ）を測定した。圧壊強さは、所定の長さで切断した円筒形状磁石を図8に示すように置き上方より圧壊荷重P（N）を加え、磁石が破壊したときの荷重

を磁石長さ(L)にて除した値を用いた。結果を表5に
示す。 * 【0053】
* 【表5】

No.	磁石形状(mm)			コンパ ウンド	寸法ばらつき (mm)	圧壊強さ (N/mm)
	外径	肉厚	長さ			
実施例33	φ2	0.1	8	1	±0.02	1.0
// 34	//	0.5	8	//	±0.03	2.0
// 35	φ5	0.1	10	2	±0.04	1.5
// 36	//	0.9	10	//	±0.03	2.8
// 37	φ50	0.1	50	//	±0.04	2.0
// 38	//	0.9	50	//	±0.04	10.5
// 39	φ100	0.1	50	3	±0.05	1.5
// 40	//	0.9	50	//	±0.04	5.0
比較例17	φ1	0.3	8	1	—	—
// 18	φ5	0.08	10	2	±0.04	0.7
// 19	φ50	0.05	50	//	±0.05	0.4
// 20	φ110	0.5	50	//	±0.20	3.0

* 1 寸法ばらつきは外径の寸法ばらつきを示す。

* 2 比較例17は金型製造不可のため成形不可。

【0054】表5から明らかなように、外径が100mmより大きくなると良好な寸法精度が得られない。また、外径2mm未満では金型製造が困難となり成形が困難である。さらに肉厚が0.1mm未満であると圧壊強さが急激に低下してしまい実用に不適である。外径2mm 30mm以上100mm以下、肉厚0.1mm以上では、良好な寸法精度、機械的強度を有している。

【0055】(実施例7) 実施例6において作製した円※

※筒形状磁石をローターとしてモーターに組み込み、モーター落下試験の不良率と機械的強度(圧壊強さ)との関係について調査した。不良率はモーター50台の落下試験による不良の発生率を示している。結果を表6に示す。

【0056】

【表6】

No.	磁石形状(mm)			コンパ ウンド	圧壊強さ (N/mm)	モーター 不良率 (%)
	外径	肉厚	長さ			
実施例41	φ2	0.1	8	1	1.0	2
// 42	//	0.5	8	//	2.0	0
// 43	φ5	0.1	10	2	1.5	0
// 44	//	0.9	10	//	2.8	0
// 45	φ50	0.1	50	//	2.0	0
// 46	//	0.9	50	//	10.5	0
// 47	φ100	0.1	50	3	1.5	2
// 48	//	0.9	50	//	5.0	0
比較例21	φ5	0.08	10	2	0.7	16
// 22	φ50	0.05	50	//	0.4	30

【0057】表6から明らかなように、圧壊強さ1N/mm未満であると急激にモーター不良率が増加してしまう。これは、磁石の機械的強度が小さいため落下試験による衝撃で磁石が破損し、そのためモーターの不良が増大したからである。圧壊強さが1N/mm以上であれば不良率は小さく実用上問題がない。

【0058】(実施例8) 実施例6と同様にコンパウンド1、2、3を使用し同じ成形方法にて、外径24mmで肉厚を変えた円筒形状磁石を作製した。これをロータに装着し、24極に着磁して表面磁束密度を測定した。磁石肉厚と表面磁束密度の関係を図9に示す。比較例として、肉厚2mmの焼結フェライト磁石の結果も合わせて示した。

【0059】モーター特性(トルク値)は表面磁束密度に比例することが知られている。図9から明らかなように、肉厚0.1mm以上の円筒形状磁石を用いることにより従来のものと比較しても十分高い特性のモーターを作製することが可能である。

【0060】

【発明の効果】以上述べたように本発明の円弧形状あるいは円筒形状の樹脂結合型磁石を用いることにより、従来に比べ非常に小型なモーター、アクチュエーターを作製することが可能となるという優れた効果を有する。また、本発明の製造方法を用いることにより、従来製造ができなかった、磁気特性が高く寸法精度が良好な上記薄肉円弧形状磁石及び円筒形状磁石を製造することができるという効果も有する。そのため、OA機器、民生機器等の小型軽量化、ひいては省資源化に大いに効果を発揮するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の円弧状樹脂結合型磁石の1実施例を示す図。

【図2】 本発明の円筒状樹脂結合型磁石の1実施例を示す図。

【図3】 本発明の実施例における樹脂結合型磁石の製造工程を示す図。

【図4】 本発明の実施例における円弧状樹脂結合型磁石の押出成形装置を示す図。

【図5】 本発明の実施例における円筒状樹脂結合型磁石の押出成形装置を示す図。

【図6】 本発明の実施例における円弧形状磁石の圧壊強さ測定の荷重負荷方向を示す図。

【図7】 本発明の実施例における円弧形状磁石肉厚と磁束量との関係を示す図。

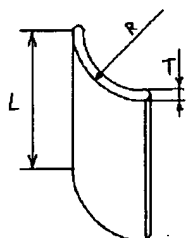
【図8】 本発明の実施例における円筒形状磁石の圧壊強さ測定の荷重負荷方向を示す図。

【図9】 本発明の実施例における円筒形状磁石肉厚と表面磁束密度との関係を示す図。

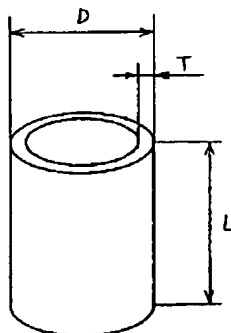
【符号の説明】

101, 201	ホッパー
102, 202	シリンダ
103, 203	スクリュー
104, 204	アダプタープレート
105, 205	金型
106, 206	ヒーター
107, 207	ヒーター
108, 208	ヒーター
109, 209	冷却板
110, 210	電磁コイル
111	ボールピース
112, 211	原料コンパウンド
113, 212	磁石成形品
P	圧壊荷重
R	磁石外半径
D	磁石外径
T	磁石肉厚
L	磁石長さ

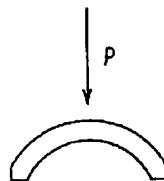
【図1】



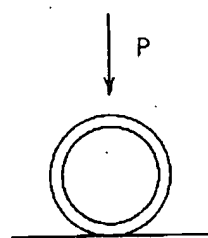
【図2】



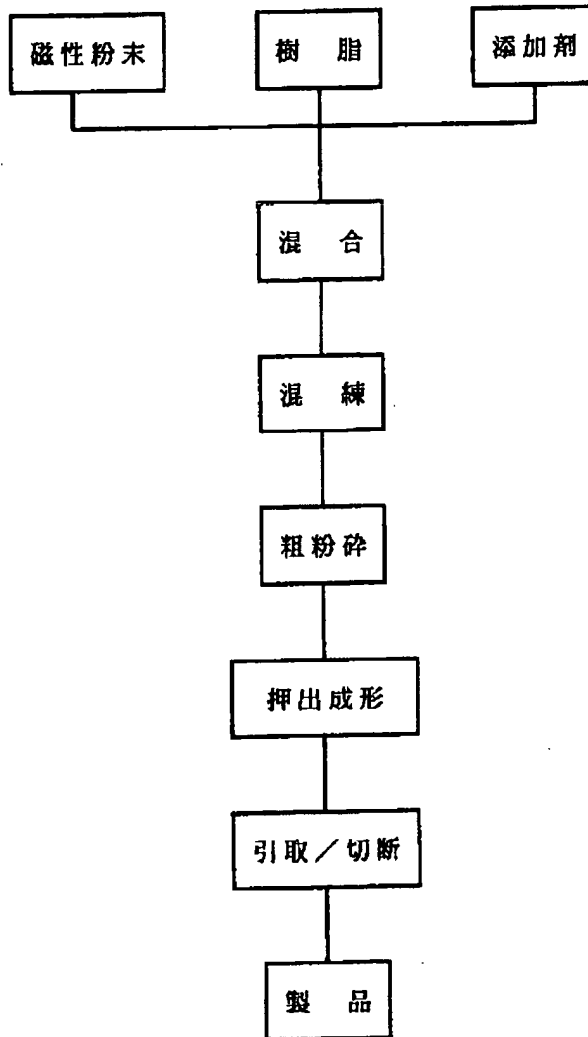
【図6】



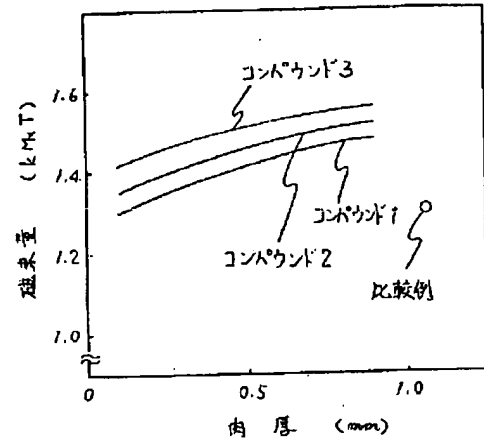
【図8】



【図3】



【図7】



【図9】

